新エネルギーの導入に向けた都市・集落空間整備のあり方
新エネルギーを活用した持続可能な地域形成　その１

正会員　○林原　麻莉　＊
同　瀬戸口　剛　＊＊
同　中島　望　＊＊＊

新エネルギー　サスティナブルコミュニティ　空間整備
都市構造　バイオマスエネルギー

１．背景と目的

全国的に人口減少時代に突入する中、北海道の地域は人口減少・少子高齢化の進行が特に著しい。これによって住民の生活や地域経済、地域産業へ深刻な課題が生じており、居住環境や自然環境にも悪影響が及んでいる。

一方で、地球温暖化や化石燃料価格の高騰、福島原発事故に伴い、化石燃料に頼らない新エネルギー※1の導入が積極的に行われている。北海道においては、新エネルギーの原料となる資源が豊富であるというポテンシャルを活かして、各地で地域資源を活用した新エネルギーの導入の取り組みや検討が進められている。その際、地域の生活や産業面へも効果を連鎖させることで、地域の自立や持続可能な地域形成※2につながることが期待されている。

新エネルギーは地域の都市構造や産業などの地域特性に密着しており、それに最適な導入と空間整備※3を行う必要がある。しかし、新エネルギーの導入は実証段階のものが多く、その取り組みは単発的である。また、新エネルギー導入時の空間整備の提示には至っていない。よって本論では、以下２点について示すことを目的とする。①新エネルギーの導入による持続可能な地域形成のあり方を示す。そして、②地域特性（都市構造の特性と産業の特性）と新エネルギーの特性との関係性を明確にし、新エネルギー導入時の空間整備のあり方を示す。

２．研究の方法

①新エネルギーの導入による持続可能な地域形成についての議論[註1]の整理より、持続可能な地域形成に向けた新エネルギーの導入を捉える視点を抽出する。次に、北海道内の新エネルギーを実証的に導入している先進地域（下川町、足寄町、鹿追町、ニセコ町、稚内市）を対象として、②行政資料や都市構造分析より５市町の特性と課題を整理する。また、③現地調査やヒアリングから５市町の新エネルギーの導入に関する取り組みとその効果、課題を把握し、新エネルギー導入に関する取り組みの全体像を捉える。そして、④②と③から地域特性と新エネルギーの関係性を明確にし、新エネルギーの導入に向けた空間整備のあり方を示す。最後に、⑤②～④の体系的な分析より、新エネルギーの導入による持続可能な地域形成と空間整備に向けて重要な視点を考察する。

３．持続可能な地域形成に向けた新エネルギー導入を捉える視点

3-1. 新エネルギーのもつ二面的な可能性

新エネルギーは「化石燃料に代わる代替エネルギー」、「環境負荷を低減するエネルギー」、「分散型エネルギー」として注目されている。一方で、「地域密着型エネルギー」、「資源循環型エネルギー」という性質も併せ持つ。地域資源を循環し、エネルギーの地産地消を行うことで、地域内経済循環や持続可能な地域形成につながることが期待されている。

3-2. 持続可能な地域形成に向けた新エネルギー導入を捉える視点（図１）

本論では、新エネルギーの性質として、活用資源や活用方法が地域特性に密着している「地域固有性」と、資源の循環と波及効果の連鎖を展開する「地域循環性」の二点に着目する。そして、地域の資源を活用し、エネルギーや資源の域内循環を行うことで、環境を支える都市基盤、社会を支える生活、経済を支える産業の三側面に持続的な効果（環境保全、産業の振興、地域コミュニティの強化など）を波及させ、環境・社会・経済の持続性に大きく寄与することに期待する。その持続可能な地域形成への原動力として新エネルギーの導入を捉える。

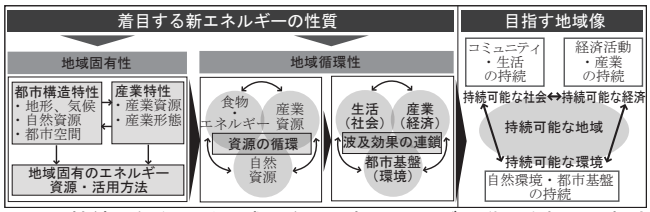

図１　持続可能な地域形成に向けた新エネルギー導入を捉える視点

４．対象地域の都市構造・産業構造の特性と地域の総合的課題（図２－Ｉ）

行政資料整理やヒアリング、都市構造の分析より５市町の地域の特性と課題を整理した。人口減少や少子高齢化が著しく、就業場所や高等教育機能がないことから町外への人口流出が加速している。それに加え、基幹産業の担い手の高齢化や経営環境の悪化などから、産業活力が低下している。一方、農業規模は拡大しており、担い手の労力負担は増大している。林業や農業などは居住環境と密接に関連して営まれることから、それらの産業の活力低下によって、集落自体の環境の衰退も著しく、耕作放棄地や空家の増加によって自然環境が悪化しつつあ

る。その上、生活機能は市街地部に集積しており、集落や散居地域の生活利便性の低下が問題となっている。

５．新エネルギーの導入に関する取り組み（図２－Ⅱ）

行政へのヒアリングと新エネルギー導入施設の実態調査より、新エネルギーの導入に関する取り組み、取り組みによる効果と推進に向けた課題について整理した。

5-1. 新エネルギーの導入に関する取り組み

いずれの町でも地域内の資源を活用して生産されたエネルギー（熱、電力、ガス）の公共施設への導入により実証化を進めている。市街地において公共施設等が集積している特徴を活かして、地域熱供給や施設間の熱融通も導入・検討されている（下川町、足寄町、鹿追町）。公共施設への導入や地域熱供給に併せて、公営住宅の再編・集約化や公共機能の集約化、市街地の集約化も検討されている（下川町、足寄町、ニセコ町）。一般住宅等へは、ペレットストーブなどの導入は見られるが（足寄町）、太陽光発電の普及が最も進んでいる（全市町）。また、農業施設へ導入して通年栽培の実施したり（下川町、鹿追町、ニセコ町）、観光施設へ導入して観光資源として活用する（ニセコ町、稚内市）など、農業や観光業の高付加価値化を見込んだ取り組みも見られた。

5-2. 新エネルギーの導入による効果

5-1 のような取り組みによって、都市基盤（環境）、産業（経済）、生活（社会）分野への効果が確認・期待されている。都市基盤には、a) **環境負荷低減・環境保全**（二酸化炭素排出削減による環境負荷の低減、適正なふん尿処理、森林管理による環境保全）、b) **公共施設運営コストの削減**（光熱費の削減、運営の効率化）、c) **緊急時の対応強化**（防災拠点化）、d) **エネルギー需要の平準化**、e) **地域固有の景観形成**の５項目。産業には、f) **雇用創出**（エネルギー関連産業等新規事業創出による雇用創出）、g) **既存産業の振興・収益向上**（生産規模の拡大、産業の高付加価値化）、h) **産業経営負担の軽減**（燃料費・肥料代等の削減、労働力負担軽減）、i) **同業者の協力体制構築**の４項目。生活には、j) **家計負担軽減**（光熱費の削減・エネルギー供給販売による収入）、k) **人口の定着**（雇用の創出、農業経営負担の軽減による人口定着）、l) **環境意識の向上**、m) **生活利便性・安全性の向上**（生活サービスへのアクセス性の向上、緊急時のエネルギー自立化）、n) **コミュニティ活力向上**（交流機会の創出、コミュニティ醸成）の５項目の効果が見られた。下川町では木質バイオマスエネルギーの導入により、林業の振興（g）につながり、適正な管理がされることで森林環境が保全されている（a）など、各取り組みは都市基盤、産業、生活に対して多面的かつ連鎖的に効果を発揮しているものもある。特に、a)、f)、g)、h)、k)、m)、n)は**４章**に示した地域の抱える深刻な課題に対する効果として発揮されていることが確認された。よって、新エネルギーの導入が地域の環境、経済、社会の持続性に寄与していることが明らかになった。

5-3. 取り組み推進に向けた課題

エネルギー生産・供給設備にかかる高額なイニシャルコストなど経済的な課題、既存事業者との競合など制度的な課題、エネルギーの不安定性や転換効率の悪さ、設備メンテナンスの負担など技術的な課題が取り組みの推進に向けて大きな課題となっている。このような負担に比べると、経済面には大きな効果が得られないとの見方から、特に民間施設では新エネルギー導入に対する抵抗感が大きい。新エネルギーの導入時の一時的な経済評価だけではなく、人口減少時の環境保全やの生活の安全性など環境面や社会面の持続性を見据えて多面的な評価により、新エネルギーの導入を検討することが重要である。

６．新エネルギーの導入に向けた空間整備

6-1. 地域特性と新エネルギーとの関係性（図２－Ⅲ）

図２－Ⅱのように、地域の特性と取り組みの全体像を捉え、都市構造や産業の特性と新エネルギーの関係性を**図２－Ⅲ**に示す。

バイオマスを原料とする下川町、足寄町、鹿追町では産業資源を活用するため、新エネルギーの導入が産業に直接的な効果を発揮（循環型農業や森林経営を促進）している。また、市街地内に公共施設等が集積していることから、共有型のエネルギーが有効的に活用される。一方、エネルギー生産面では産業との関係が低いニセコ町、稚内市では新エネルギー施設を観光資源とする取り組みにより、産業振興に活かしている。また分散して立地する施設においても、個別自給が適したエネルギー形態を導入することにより、有効的にエネルギー活用が行える。

6-2. 新エネルギーの導入に向けた空間整備（図３）

6-1 の関係性をもとに、行政へのヒアリング結果を踏まえて、特に新エネルギーの導入が見込まれるエリアにおいて新エネルギーの導入時の空間整備の方針を示す。また、その実現に向けた課題と留意点を**図３**に示す。

【木質バイオマス】大型ボイラーでの燃焼が適する木質チップを活用する下川町では、温水熱の輸送効率面から、大規模消費施設に大型ボイラーを設置し、近接する複数の施設や一般住宅への中規模単位（100m 圏）での熱供給が適することから、中規模単位での集約化や機能配置が重要となる。また、足寄町では小型ボイラーでの燃焼が適するペレット燃料を主に活用することから、個別での導入か近接する施設間の熱融通が望ましく、下川町よりも小規模単位・近距離施設間でのセット配置が重要となる。

【家畜ふん尿バイオマス】山間部に細長く農地が広がる足寄町では、農家間の距離が離れているため、現在は単独でバイオガスプラントを導入している。しかし、その経済的・

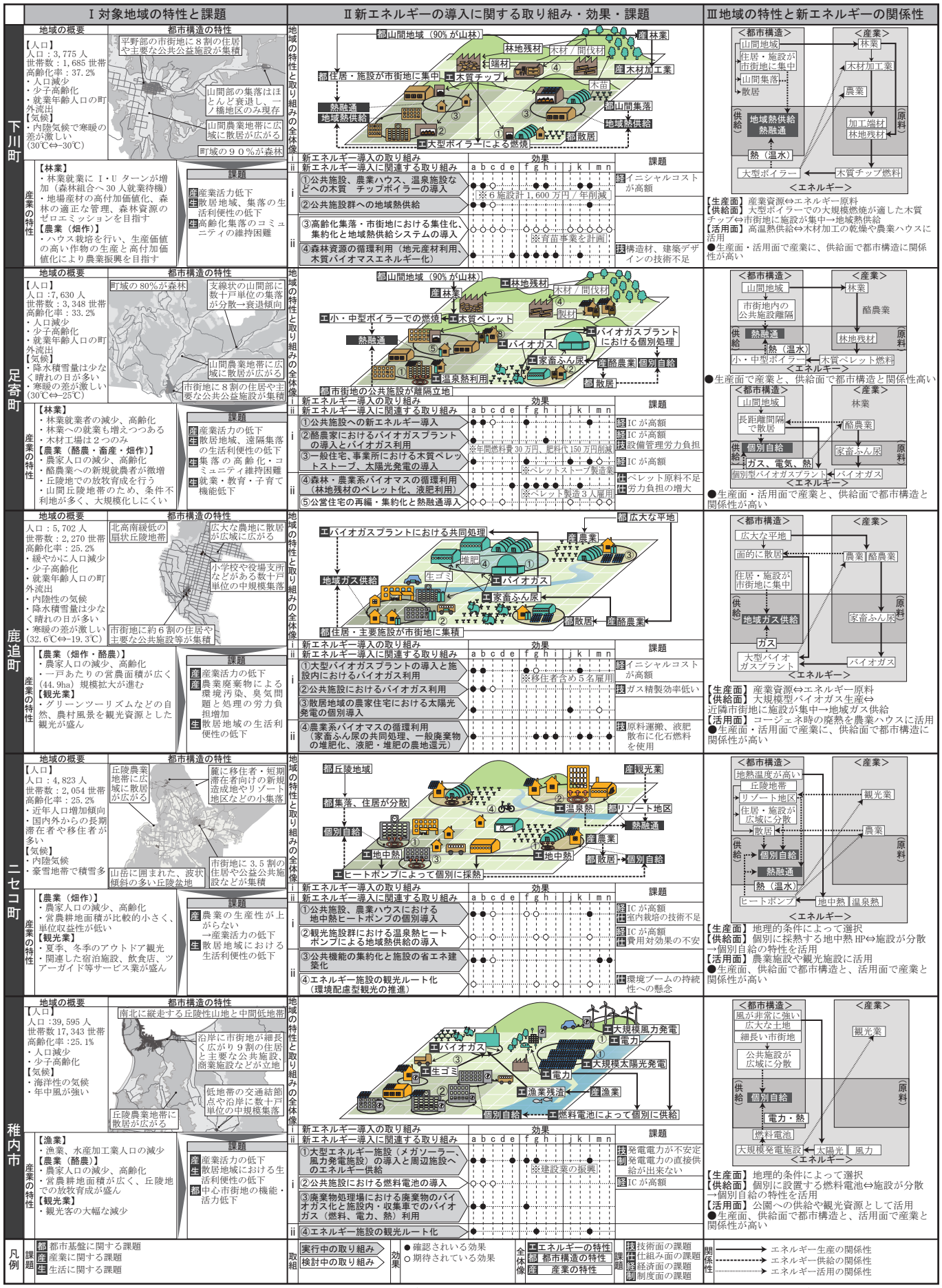

図２　対象５市町の地域特性・課題（Ⅰ）、新エネルギー導入状況（Ⅱ）、都市構造・産業特性と新エネルギーの関係性（Ⅲ）

エリア	原料	空間整備モデル図	新エネルギー導入時の空間整備と課題	
下川町	市街地	木質バイオマス（チップ）	中規模地域熱供給・熱融通	経イニシャルコストが高額 社→従来の化石燃料や電力に対してLCCを低減するシステム・技術の構築が必要 社設備費負担や使用料など公民共同利用のルール設定が必要
			【空間整備】市街地の集約化時には、①を中心として②の集積を進める【供給方法】施設の集積を活かして、木質チップボイラーから温水配管によって複数の②へ熱融通を行う ①公共施設、公営住宅（大規模消費施設）②約100m圏内の公共・民間施設、一般住宅③熱（温水）	
	集落		地区内地域熱供給	経イニシャルコストが高額 社→従来の化石燃料や電力に対してLCCを低減するシステム・技術の構築が必要 社設備費負担や使用料など公民共同利用のルール設定が必要
			【空間整備】集落再編に併せて②を集積する 【供給】木質チップボイラーを設置した①から②へ地域熱供給を行う ①地域熱供給施設②地区内のコレクティブハウス、地域会館、農業ハウス、福祉施設、共同浴場③熱（温水）	
足寄町	市街地	木質バイオマス（ペレット）	近隣施設間熱融通	制施設建設費の補助金の関係により、既存の公共施設と団地の熱共有は困難 経設備費分が家賃に上増→住民の抵抗感 社→家賃に影響のないスキームが必要 社ペレット需要量に見合う原料調達が困難
			【空間整備】公営住宅（②）の集約化の時には、①に近接するように公営住宅（②）を整備する 【供給】①に木質ペレットボイラーを導入し、近接する②へ熱融通を行う ①公共施設②近接する公共施設、公営住宅など③熱（温水）	
	散居地域	家畜ふん尿バイオマス	近隣農家間共同自給	環広範囲での共同利用が非効率 社農家間の共同意識が低い 社経済面、管理面の負担が大きいバイオガスプラント設備への抵抗感
			【空間整備】農家数戸で共同型バイオガスプラントを整備 ※現在は個別型を導入 【供給】散居のため比較的近距離の産業施設や農家住宅の電熱源として活用する ①共同型バイオガスプラント②近隣農家③バイオガス（電力・温水）	
鹿追町	市街地	家畜ふん尿バイオマス	大規模地域ガス供給	技バイオガスの圧縮効率が悪い
			【空間整備】農家十数戸で大型バイオガスプラント①を整備 【供給】施設が集積していることを活かし、パイプラインによって①から②にガス供給を行う ①大型バイオガスプラント②市街地施設③バイオガス（電力・温水）	
	散居地域	家畜ふん尿バイオマス	個別施設内自給	経イニシャルコストが高く、個人農家の負担が大きい 技設備機器の管理の負担が大きい
			【空間整備】個人農家ごとに個別型バイオガスプラントを整備 【供給】農家が散居しているため、施設内で自給する ①個人農家②個人農家③バイオガス（電力・温水）	
ニセコ町	市街地	地中熱ヒートポンプ	個別施設内自給	経イニシャルコストが高額
			【空間整備】①の機能集約化の時には、同時に地中熱ヒートポンプを個別導入する（空間整備による大きな改変なし） 【供給】施設間が離れているため、①に地中熱ヒートポンプを導入し、施設ごとに個別に熱自給を行う ①公共施設②導入施設③熱	
	集落（リゾート地区）	温泉熱ヒートポンプ	地区内地域熱供給	経イニシャルコストが高額 社→導入による費用対効果、付加価値が必要 技温泉熱が50～60℃と低く、熱融通時の熱損失がある
			【空間整備】①を中心とした宿泊施設の集積 【供給】大規模な熱消費施設が集積していることを活かし、温泉熱ヒートポンプシステムを整備し、①から②へ熱配管によって熱融通を行う ①大型宿泊施設②近隣の小規模施設③熱（温水）	
稚内市	市街地中心部	太陽光・風力発電（燃料電池）	個別施設内自給	技燃料電池が開発段階 経燃料電池設備が高額
			【空間整備】大きな改変なし 【供給】①が離れているため、各①に燃料電池を設置し、大規模発電施設の電力を水素ガスとして輸送し、コージェネレーションによって、個別に電力と熱を自給する ①公共施設②導入施設③電力・熱	
	市街地郊外部		近隣施設電力供給	技安定的な電力供給ができない可能性
			【空間整備】大規模発電施設の近郊に大規模エネルギー消費施設を誘致する 【供給】自営線により、①から②へ電力の直接供給を行う ①大規模発電施設②大規模エネルギー消費施設③電力・熱	
			①導入施設 ②供給施設 ③供給エネルギー	環境面の課題 技術面の課題 経済面の課題 仕組面の課題

図３　新エネルギー導入時の空間整備

労力的負担面と効率面を考慮すると、数戸共同でふん尿処理とバイオガス生成が望ましく、数戸単位でのエネルギー共有地区、協力体制の構築が求められる。一方、広範囲に面的に農地が広がる鹿追町では、十数戸の農家による大型バイオガスプラントの運営が適する。プラントと市街地間が2 km の距離にあり、市街地の主要施設が集中している都市構造特性から、パイプラインによる主要施設へのガス供給が可能であり、プラントからの大規模供給型の空間整備となる。

【個別導入型エネルギー】 施設や住宅が市街地周辺に分散している都市構造特性を持つニセコ町や稚内市では、個別での採熱が適する地中熱ヒートポンプや燃料電池の特性を活かして、既存の施設配置を大きく改変することなく柔軟な個別導入が可能となる。

7．まとめと考察

以上より、 対象５市町における新エネルギー導入の取り組みの現状と、地域特性との関係性からみた今後の新エネルギー導入時の空間整備のあり方を体系的に示し、それぞれの特徴を明らかにした。ここでは、新エネルギーの導入による持続可能な地域形成と空間整備に向けて重要な視点を考察する。

7-1. 新エネルギー導入による持続可能な地域形成に向けて

1）多面的な効果を生み出す取り組みの推進

地域内の都市構造、産業、生活の持続性に対して波及効果がまたがるよう新エネルギーの導入の取り組みを推進していくことが重要である。

2）新エネルギーの生み出す多面的な価値への視点

新エネルギーを導入することでどのような取り組みが推進され、波及効果が連鎖するかといった取り組みの全体像を捉えることが重要である。そして、その時のリスクや負担と効果に対して一時的な経済面の評価のみならず、人口減少を見据えた環境面・社会面の持続性もふまえて総合的に評価することが重要である。

7-2. 新エネルギー導入時の空間整備に向けて

3）地域特性を捉えた効果的な新エネルギーの導入

各地域の都市構造や産業の特性に併せて、導入する新エネルギーの形態や供給方法を選択する必要がある。

4）新エネルギーの特性を考慮した空間整備の検討

集落・市街地の集約化・再編時には、同時に新エネルギーの導入を行う。その際、導入する新エネルギーの特性を空間整備の計画根拠として検討し、エネルギーの生産・供給・活用面も考慮した空間整備を行う必要がある。

＜注釈＞※１：「新エネルギー」とは、「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法において、技術的に実用化段階に達しつつあるが、経済性の面での制約から普及が十分でないもの、石油代替エネルギーの導入を図るために特に必要なもの」※２：本論では「環境を基盤とした社会、経済の相互関係が時代ごとのニーズを満たしながら成立し続ける地域の形成」と定義する　※３：本論では「都市基盤施設などの空間要素の再構築」と定義する

＜参考文献＞註１：経済産業省エネルギー庁「エネルギー白書」、大友詔雄「自然エネルギーが生み出す地域の雇用」、加藤光弘・北原啓司「地域政策からみた新エネルギー事業の実態と事業化促進要因に関する考察」

*　株式会社 日本設計　工修
**　北海道大学大学院工学研究院　教授・博士（工学）
***　北海道大学大学院工学院　修士課程

*　Nihon Sekkei, Inc. M. Eng
**　Prof. , Graduate School of Eng. , Hokkaido Univ. , Dr. Eng.
***　Graduate Student, Graduate School of Eng. , Hokkaido Univ.